

補助事業番号 2018M-139

補助事業名 平成30年度 小型無人航空機の自律的な追従制御のための研究補助事業

補助事業者名 京都大学 星野健太

## 1 研究の概要

本研究は、小型無人航空機（ドローン）の自律飛行技術に関するものである。本研究で取り組んだ課題は、ドローンの位置制御と協調制御である。位置制御では、近年の非線形制御理論の成果である有限時間整定制御をドローンへ応用し、位置制御の精度が向上することを示した。また、協調制御手法の一つである、被覆制御と呼ばれる制御をドローンで実現するための手法を示した。

## 2 研究の目的と背景

近年、ドローンの空撮や警備、および農業における農薬散布など、ドローンの多様な応用が期待されている。ドローンの産業応用のためには、自律飛行の基礎技術の性能向上がそれらを実現する上で必要である。本研究では、そのような応用を念頭に有限時間整定制御のドローンへの応用と複数機体を協調させて自律飛行させるための協調制御手法のドローンへの応用技術の開発を目的とした。

## 3 研究内容 (<http://www.ids.sys.i.kyoto-u.ac.jp/hoshino/index.html>)

### (1) 有限時間整定制御のドローンへの応用

(<https://sites.google.com/view/jka-h30-hoshino>)

ドローンの自律飛行を実現するために必要となる制御技術の一つに、漸近安定化制御がある。ドローンを指定された位置へ自律的に移動するように制御するためには、漸近安定化制御によってドローンが自律的に移動するような機構を作ることが必要となる。本研究では、近年の非線形制御理論の成果である有限時間整定制御をドローンの位置制御へ応用した。通常の漸近安定化制御手法では無限時間での収束が保証されるのに対して、有限時間整定制御では有限時間で整定が実現されることが知られている。そして、実機で考慮しなければならないモデル化誤差や風などの外乱に対してロバストであることが知られており、ドローンの位置制御への応用でもその有効性が期待され、本研究ではその実現に取り組んだ。本研究では、ドローンの位置制御における有限時間整定制御を示し、実機での検証を行った(図1)。その結果、理論的に有限時間整定が可能であること(図2)、そして、実機実験ではモデル化誤差や外乱などの影響があっても、ロバストな制御が可能であることが確かめられた。



図1：ドローンの実機実験の様子

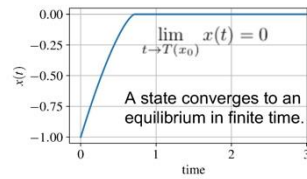


図2：有限時間で機体の高度が目標値へ到達する様子

## (2) 協調制御手法のドローンへの応用

(<https://sites.google.com/view/jka-h30-hoshino>)

空撮や警備業務、農薬散布などのドローンの応用が期待される分野では、複数のドローンを利用することにより、業務の効率化や高度化が期待される。そして、そのように複数の機体を利用し、自律飛行制御技術を実現しようとするとき、複数のドローンを協調させて制御する技術が必要となる。本研究では、そのような目的のために協調制御理論の一つである、被覆制御をドローンへ応用した。被覆制御とは空間内のある領域が与えられたとき、複数のドローンを協調させ、その領域を被覆するようにドローンを配置させる制御のことをいう(図3)。被覆制御では、通常、被覆対象の領域が固定されている状況を想定しているが、本研究では空撮や農薬散布などへの応用を念頭に領域が移動する場合の被覆制御技術に取り組んだ。そして、その制御技術を物理シミュレータを用いて検証し、その有効性を示した(図4)。

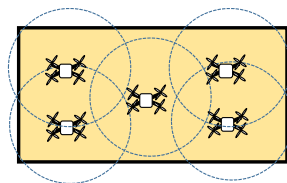


図3：被覆制御の概念図



図4：物理シミュレータによる被覆制御の結果

## 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究で取り組んだ有限時間整定制御のドローンへの応用は、ドローンの位置制御の基礎技術に関するものである。制御理論の比較的新しい成果である、有限時間整定のドローンへの応用を示すことによって、ドローンの基礎的な性能の向上につながる可能性がある。また、ドローンの応用が期待される空撮や警備業務、農薬の散布などにおいて、複数の機体を採用することでより高度な応用が可能になる。本研究ではそれらの応用の基礎技術となりうる制御応用を示すことができた。

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

事業者はこれまで非線形制御理論の研究に取り組み、特に有限時間整定制御の理論的な研究を行ってきた。今回の研究ではドローンへの制御応用に取り組み、事業者のこれまでの知見をドローンの制御という実応用へつなげることができた。また、それらの成果に基づいて、さらに協調制御をドローンへ応用し、新たな分野の研究につなげることができた。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

[1] K. Hoshino, "Application of Finite-Time Stabilization to Position Control of Quadcopters," 2018 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV), Singapore, 2018, pp. 60–65.

doi: 10.1109/ICARCV.2018.8581351

[2] S. Nishigaki, K. Hoshino and J. Yoneyama, "Coverage Control in Moving Regions with Unmanned Aerial Vehicles," 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), Paris, France, 2019, pp. 301–306. doi:10.1109/SII.2019.8700356

## 7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

該当なし

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

事業紹介WEBページ (<http://www.ids.sys.i.kyoto-u.ac.jp/hoshino/index.html>)

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名：京都大学大学院情報学研究科

(キョウトダイガクダイガクインジヨウホウガクケンキュウカ)

住 所：〒606-8211

京都市左京区吉田本町

担 当 者：助教 星野健太 (ホシノ ケンタ)

E - m a i l : [research.hoshino@gmail.com](mailto:research.hoshino@gmail.com)

U R L : <http://www.ids.sys.i.kyoto-u.ac.jp/>